

Reducción del impacto ambiental en minas con la disposición de residuos en subsuelo en la mina Casapalca

Reduction of environmental impact in mines with the disposition of residual in underground in the Casablanca mine

Fernando E. Toledo G.

RESUMEN

Para disminuir significativamente el impacto ambiental producido por el sistema de minado subterráneo, se tiene que disponer los residuos sólidos y los relaves en el interior de minas, ocupando las cavidades abiertas originadas por la explotación del mineral valioso. Esta hipótesis demuestra la viabilidad de disminuir el impacto ambiental producido por la industria minera, basado en el marco teórico de la calidad de la explotación de minas.

En esta investigación se demuestra que si se extrae el mineral económico, más la ganga y más lo estrictamente necesario de roca para dar acceso al equipo, se podrá disponer en el interior de minas del 86% al 88% de relaves en minas nuevas y el 100% en minas antiguas como Casapalca, con una inversión que alcanza sólo US.\$ 6 109 000; pero lográndose gran rentabilidad con un valor presente neto (VAN) de US.\$ 28 400 000 y una tasa interna de retorno (TIR) del 465%.

En minería subterránea, el incremento de la dilución es un indicador de la baja calidad de las técnicas aplicadas en la explotación de minas, que se traduce en la baja productividad; donde se utilizan recursos humanos y físicos para extraer desperdicios que contaminan el ambiente.

En esta investigación se propone cambiar radicalmente los sistemas y métodos de minado, preparando tajeos con puentes y pilares reemplazados con concreto armado o relave cementado previamente, a fin de recuperar totalmente el mineral contenido en estos. De esta manera, se podrá garantizar la retención total del relave fluido, decantarlo, filtrar el agua, controlar el drenaje para recircular en circuito cerrado con la concentradora, después de la masiva extracción de todo el mineral fragmentado contenido de cada tajeo.

Las ventajas obtenidas con este nuevo sistema, para beneplácito de los empresarios, el bienestar del entorno social y la preservación del ambiente, son: Primero, la recuperación del 10% al 15% del mineral cubicado. Segundo, evitar que la mina colapse por explosión de las rocas encajonantes (muy comunes en Casapalca), con la consecuente pérdida de dinero en equipo atrapado, mineral «enterrado» y hasta pérdida de vidas humanas. Tercero, se tendrán ahorros en entibación de mina y en remediación del medio ambiente.

Se tendrá en cuenta que no se trata de disponer el relave como relleno hidráulico, aplicado sólo a los métodos de Corte y Relleno, técnica que ha resuelto el problema de disposición de relaves sólo parcialmente, mas no el impacto producido por el incremento de los finos en las canchas de relaves.

Palabras clave: Disposición de relaves en tajeos de subsuelo, Mina Casapalca.

ABSTRACT

To significantly minimize the environmental impact taken place by the system of having underground mined, it has to arrange the solid residuals and the tailing inside of the mines, occupying the open cavities originated by the exploitation of the ore. This hypothesis demonstrated, the viability of minimizing the environmental impact generate for the mining industry, based on the theoretical mark of the quality mining exploitation.

This research demonstrates that if the economic ore is extracted, but the bargain and but the strictly necessary of rock to give access to the machinery, we'll be able to have inside mines 86% to 88% tailing in new mines, and 100% in old mines

as Casapalca mine, with derisive investment of U.S.\$ 6 109 000.00, but being achieved great profitability with a Net Present Value (NPV) of U.S.\$ 28 400 000.00, and with Internal Rate of Return (IRR) of 465%.

In underground mining, the dilution increment is an indicator of the drop quality of techniques applied in the mines exploitation that it translates himself in fall productiveness; where human and physiques resources are used to extract waste that contaminate the environment.

This research intends to radically change the systems and methods used to mine, preparing stops with bridges and pillars replaced previously with strengthen concrete or cemented tailing, in order to recover the contained ore totally. In this manner, it will be able to guarantee the total retention of fluid tailing, to cry up, the water to filter and to check the drainage to circulate very close to the extracting the circuit with concentration plant, after of mass all ore contents in each stop.

The obtain advantages with this new system, to goodwill of the managers, the benefit of social turn and the environmental preservation, they are: First, the recovery of 10% to 15% ore inventory. Second, to avoid that collapse the mine to outburst of the hanging and foot wall rock (very ordinary at the Casapalca mine), With consequently loss of money in equipment to ove taker, ore to inter and until loss life humans. Third, they'll have parsimony in support or mine and environmental reparation.

I acquaint that it isn't discuss of to arrange the tailing like hydraulic fill, only applied to the Cut and Fill methods, technique that only partially has solved the problem of tailing disposition, not the impact taken place by the increment of the fine ones in the tailing dam.

Keywords: Tailing disposition in underground stopes, Casapalca mine.

INTRODUCCIÓN

Sustentación del tema

El tema se sustenta en la posibilidad de efectuar, con visión en la mina Casapalca ubicada en la ribera naciente del río Rímac, fuente de la ciudad de Lima capital del Perú, una explotación minera limpia, sostenible y capaz de coexistir con las demás actividades económicas, como la agricultura, la ganadería, piscicultura, turismo; así como con la biodiversidad silvestre. Con esta finalidad, se aplicarán los conocimientos científicos de la mecánica de fluidos en los campos de la hidrostática y la hidrodinámica, puestos en práctica al transporte de fluidos, la contención de grandes masas de sólidos en suspensión, tecnificándose el drenaje de agua para la separación de los sólidos y lograr de esta manera la devolución del material sin valor económico extraído de las labores mineras para dar lugar al mejor uso de los espacios superficiales y disminuyendo el impacto ambiental generado por la industria minera.

Antecedentes

El proceso evolutivo tecnológico para hacer posible el depósito de los relaves en el interior de mina se detuvo en 1973, con la estatización de la empresa norteamericana Cerro de Pasco Corporation, para convertirse en Centromín Perú S.A. Las minas ope-

radas por la mencionada empresa en las que se iniciaron las pruebas de «Relleno Hidráulico» a fines de la década de los 60 fueron: Cerro de Pasco, Casapalca y Morococha. En Casapalca, a principios de los 70, se estuvo probando el depósito de relaves con relativo éxito en el tajeo N° 19-241-245, perteneciente al «split» 241 de la veta M, en el nivel 1900.

Hasta ahora, se cuenta con muy poca información en el mundo sobre el tema exclusivo de depósito de relaves en el interior de mina. En Alemania, según Peschken y Rainer¹, se ha trabajado sobre las técnicas de clasificación y bombeo, mas no las de retención y drenaje para hacer posible el depósito del cien por ciento de relave producido.

Anderson, Angus y López, Roy² manifiestan que la técnica de deshidratación del relave previa al bombeo, es una buena alternativa para depositar parte del relave en la mina y que esta técnica se ha generalizado a lo largo del Canadá y ya está en vías de aplicación en Brasil, Australia y el Perú. La nueva tecnología propuesta por los ingenieros Angus Anderson y Roy López, para bombear relave en forma de pasta mezclada con cemento, genera un costo mayor debido a las instalaciones para efectuar la deshidratación y el remezclado del relave con el cemento; además de la utilización de mayor cantidad de energía por el incremento de la gravedad específica del material para el bombeo, y al costo adicional del cemento incorporado.

1 Peschken y Rainer, 1995. «Escombros de flotación como relleno de bombeo en galerías de mineral de Bleiberg-Kreuth». Glückan Alemania, pp: 16-17.

2 Anderson, Angus y López, Roy (1998). «Empleo de relaves para relleno con pasta. Lima, Perú, *Minería*, abril, N° 247, pp. 22-24.

Con el hecho de que el relave pase de suspensión acuosa a pasta, se elimina la alternativa de que fluya por gravedad a las zonas bajas de la mina. Así mismo, se encuentran muchos artículos publicados en revistas especializadas nacionales y extranjeras sobre las técnicas de depósito de relaves en canchas o presas y del «Relleno Hidráulico» como soporte de los hastiales y piso de trabajo.

Sin embargo, no hay nada escrito sobre las técnicas de manejo espacial, retención de los sólidos y el drenaje de agua clarificada, con fines ecológicos, tal vez debido a que en los países industrializados las operaciones de minado son a cielo abierto y en las pocas minas subterráneas, falta voluntad administrativa, debido a una evaluación sesgada generada por el costo de bombeo.

La única manera de persuadir a las empresas de que adopten la decisión de menguar el impacto ambiental, producido por los desechos de la industria minera es demostrándoles que con tal decisión se incrementarán sus ganancias; debido a la recuperación de los bloques de mineral valioso inaccesibles, los ahorros generados por la disminución o eliminación de elementos de entibación y la remediación ambiental.

Planteamiento del problema de investigación

El mayor problema ambiental que genera la industria minera es la disposición de residuos sólidos. Este problema en el sistema de minado superficial de canchas (Open Pit) llegó a niveles inmanejables, por lo que en muchos países europeos está proscrita; así mismo, en los Estados Unidos de Norte América, hay empresas que han dejado de operar en la década del cincuenta; sin embargo, en la actualidad siguen sembrando desolación y muerte por la contaminación ambiental, motivo por el cual los gobiernos federal y estatales les han aplicado severas multas, habiéndoles hecho quebrar³. Sin embargo, en la actualidad en todas partes del mundo las empresas han adoptado las medidas pertinentes para menguar ostensiblemente los impactos ambientales a costos significativamente altos.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo disminuir significativamente el impacto ambiental originado por la disposición de los residuos sólidos depositados en la superficie de la propiedad minera o circundante a esta a un bajo costo?

Formulación de objetivos

Objetivo central

Utilizar la mayor cantidad de residuos sólidos y relaves en el relleno de cavidades originados por la extracción.

Metas para alcanzar este objetivo

- Demostrar la posibilidad espacial para disponer los residuos sólidos en el Interior de la mina.
- Demostrar la factibilidad técnica a fin de que la disposición de residuos sólidos en interior de minas no ocasionara problemas operativos, así como la recirculación de agua contaminada no ocasionará paralizaciones en las operaciones mineras.
- Demostrar que una producción limpia en minería, produce mayor rentabilidad que una remediación ambiental, bajo un marco legal justo.

OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO DISEÑO DE «MÉTODO DE EXPLOTACIÓN CON PILARES Y PUENTES PREVIAMENTE CEMENTADOS»

Este método de explotación de minas se ha diseñado con la finalidad de separar el ciclo del relleno de las etapas de perforación, voladura y acarreo de mineral, con el objetivo de depositar en los tajeos vacíos, los relaves y demás desechos y desperdicios de la explotación minera.

Este método de explotación se denominará: «Método de explotación ecológico con pilares y puentes cementados», con las siglas MEEPPCE.

Condiciones de aplicación

Este método de explotación se adaptaría casi a todas las condiciones litológicas y de geología estructural, con la única restricción del buzamiento; debiendo ser este superior a los 60°; tanto para filones como cuerpos mineralizados. Sin embargo, para buzamientos inferiores se tendrían que adaptar cabrestantes para uso de rastrillos (scraper). Las rocas encajonantes deberán de ser de mediana dureza a muy duras, el relleno mineralizado no tendrá restricciones en cuanto a su estabilidad; en caso de ser muy deleznales, ya no se aplicará perforación y voladura, bastará con la instalación de una cizalladora o rozadora diseñada para las condiciones de aplicación.

3 National Geographic. 2000, Marzo, L.6, N° 3: *El legado de la minería metálica*. México D.F., Revista oficial de National Geographic Society, pp. 77-95.

La mayoría de los parámetros clásicos para fijar las condiciones de aplicación de los métodos de explotación serán superados con la ayuda del equipamiento moderno de perforación, voladura y acarreo de mineral. Por ejemplo, ya no tendremos la necesidad de introducir el personal dentro de los tajeos para ninguno de los ciclos de minado como se muestra en la figura N° 1. Los inconvenientes de estabilidad de las rocas encajonantes serán superados con el diseño de

las dimensiones y la ubicación de puentes y pilares cementados. En la figura N° 1 se muestra el diseño del método en mención para yacimientos filoneanos con astiales y relleno mineralizado competente y la figura N° 3 para yacimientos con astiales competentes y relleno mineralizado deleznable. Este último también se podría aplicar para yacimientos filoneanos con astiales deleznales, después de haberlos estabilizado con inyección de lechada de cemento.

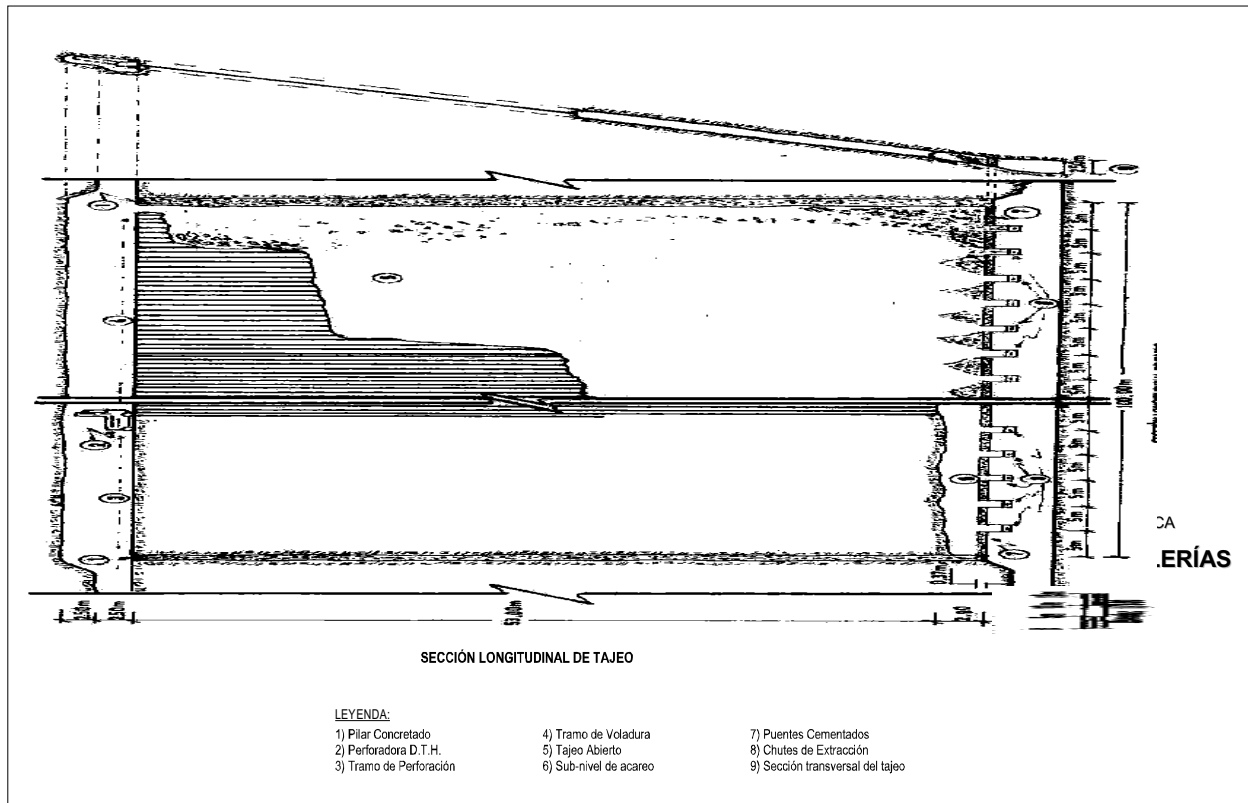


Fig. 1. Diseño de método de explotación ecológico con pilares y puentes cementados. Diseñado por: Fernando Enrique Toledo garay.

Preparación de los tajeos de explotación

Después de la delimitación de los bloques de explotación se procederá a ejecutar la perforación de dos chimeneas verticales, comunicando el nivel inferior con el superior. Esta chimenea tendrá dos objetivos: el primero es la exploración de los componentes mineralógicos del yacimiento en elevación, así como el comportamiento litológico para la planificación y diseño del trazo de perforación con taladros largos. El segundo es convertir estas chimeneas en pilares de concreto para delimitar el tajeo vacío, donde se depositaría el relave, con el mineral *in situ* de futura explotación.

Las chimeneas serían perforadas con una máquina perforadora «Down the hole» (DTH); efectuando la perforación desde el nivel superior al inferior, como se puede visualizar en la figura N° 1. En cada chimenea se perforarían sólo 7 taladros, 3 de arranque

o cuele y 4 taladros cuadradores. La voladura se deberá efectuar cargando los taladros desde el nivel superior, con el explosivo suspendido en el fondo del taladro comunicado al nivel superior. Los disparos se realizarían por tandas de 6 m de longitud cada uno, llegando a comunicar sólo con 9 disparos.

Después de haberse comunicado las dos chimeneas y haber hecho un registro mineralógico y litológico para la planificación de la futura perforación del tajeo, se procederá a sellar la chimenea en el nivel inferior a fin de rellenar con parte de relave cementado en la proporción de 1:20.

La segunda etapa de preparación consistirá en realizar parte del techo la galería inferior, sólo la parte de la estructura mineralizada, dando 3 cortes con la máquina perforadora «Stoper»; cada corte deberá tener 2 m de longitud. Estos cortes no son para la formación de «box holes» *in situ*, sino para recupe-

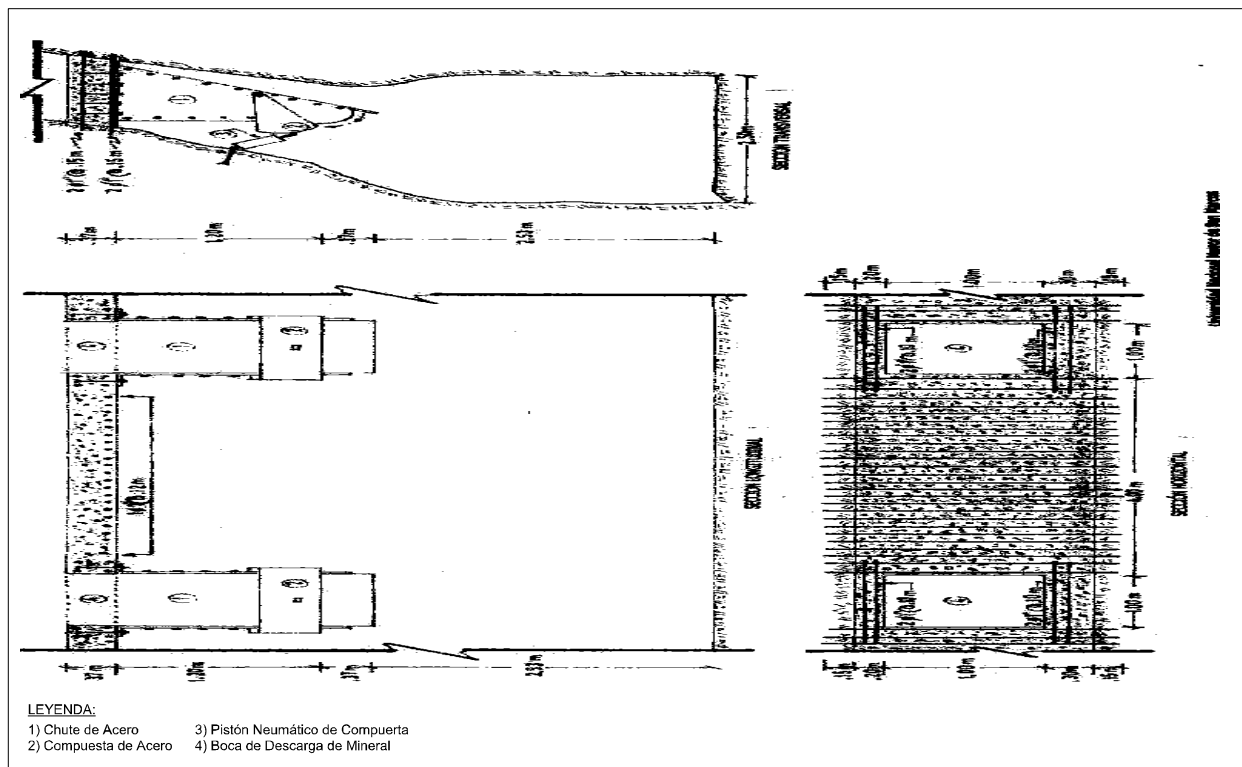


Fig. 2. Diseño de losa de concreto armado para reemplazar los fuentes de contención de mineral.

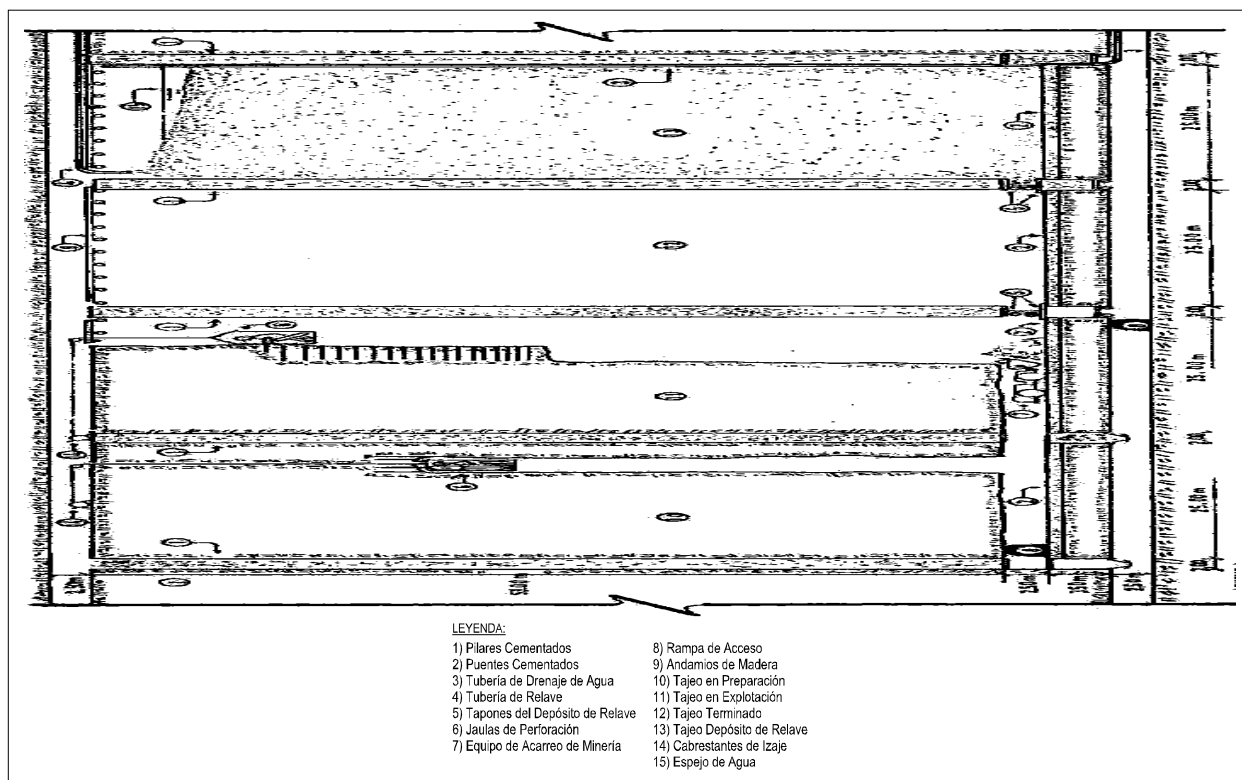


Fig. 3. Método de explotación ecológico con pilares y puentes cementados - variantes en roca deleznable. Diseñado por Fernando Enrique Toledo Garay.

rar el mineral ubicado en el techo de la galería, arrancando toda la longitud del tramo en preparación. La finalidad de este realce es construir una losa de concreto armado que reemplace los puentes *in situ* del subnivel y sirva de piso de la cámara de carguío del mineral arrancado, dejando un espacio de 4 m, medido desde el piso de la galería hasta la cara inferior de la losa; esta altura será suficiente para que se pueda ubicar la perforadora DTH mostrada en la figura N° 1, para la explotación del bloque inferior, como se muestran en las figuras: 1 y 2.

Debo resaltar que con la construcción de esta losa se elevará la eficiencia debido a que disminuiría el tiempo de limpieza del mineral, cargándose directamente a los camiones o vagones del ferrocarril mediante los «chutes» de carguío.

La tercera etapa de preparación consistirá en la limpieza de todo el mineral disparado, cuya producción será de 2100 t de alta ley (con baja dilución).

La cuarta etapa se iniciará con el armado de encofrado de diseño especial, para colocar el emparrillado de varillas corrugadas de construcción de 1" de diámetro y luego vaciar el concreto hasta lograr 37 cm. de espesor (Fig. 2). Después de los 28 días de fraguado del concreto se procederá al armado y colocación de los chutes de acero prefabricado, siendo este quinto paso el último para iniciar la explotación el bloque preparado y expedito para la explotación.

Explotación del tajeo con pilares y puentes cementados

Todo el proceso de perforación y voladura sería similar al método de tajeos abiertos VCR (por sus siglas en inglés, cráteres verticales en retroceso). Como este método de perforación y voladura se efectuaría en vetas para el caso de Casapalca, a fin de lograr tajeos de 1,20 m de ancho como máximo. El trazo de perforación sería en zig-zag con taladros de 105 mm de diámetro, espaciados a 1,50 m (o más, según las características de la roca). Con este espaciamiento se debería perforar 72 taladros (incluido los 6 de arranque) de 54 m de longitud. Para perforar cada taladro, la perforadora tardaría 2,50 horas, demorándose 180 horas para concluir con toda la perforación; si consideramos que las horas productivas de trabajo básico son de 6 horas por tarea, concluiremos que en 30 tareas de 15 días quedaría concluida esta etapa de laboreo.

Siendo los ciclos de minado completamente independientes y la etapa de perforación la más larga, el volumen de producción ya no dependerá de la perforación sino de la velocidad de acarreo.

Con el sistema convencional de tracción sobre rieles y el carguío mediante chutes, se lograría mayor productividad, siempre que las vagones tengan el sis-

tema de descarga tipo «Gramby». Extrayéndose de cada tajeo 19 mil toneladas en un solo mes de operación, dándose las siguientes dimensiones: 100 m de longitud, 56 m de altura y 1,20 m de ancho, según se muestra en la Fig. 1.

Con este sistema la empresa requerirá tener solo 5 tajeos con 80 trabajadores, para lograr una productividad de 47t/tarea y un costo en perforación y voladura de U.S. \$ 0.60/t.; simplificándose ostensiblemente la operación de minado.

Etapas de depósito de residuos sólidos y relaves de mina

Concluida la extracción de mineral, quedará en el tajeo vacío un espacio de 6500 m³. De este espacio se extrajo un volumen de mineral incrementado en 33%, o sea 8600 m³. Después de haberse reducido por molienda y extraído el mineral concentrado, cuya merma es de 1200 m³, quedaría 7400 m³ de relave, quedando un remanente de 900 m³ que viene a ser el 14% del volumen original o *in situ*.

La preparación para depositar el relave en estos tajeos es muy simple: lo primero que se tiene que hacer es bajar un tubo de drenaje de plástico de 6" de diámetro, con ranura longitudinal de 1 m opuestamente intercalados a lo largo del tubo; estas ranuras serán cubiertas por una manga de crudo sintético «Poliute», sujetas por abrazaderas, con el fin de que drene el agua, atrapando la lama fuera del tubo. Esta operación sería de parcial complejidad por el cuidado que se debe tener para no rasgar el poliute.

El taponeo de los «Box holes» sería muy simple: una vez extraído todo el mineral, se procederá a desarmar y quitar los chutes metálicos en retirada. Al desempernar los chutes, se tendrá especial cuidado en no dañar los pernos empotrados en el concreto, con el fin de fijar en estos los tableros de madera de eucalipto de 3" de espesor, 6" de ancho y 60" de longitud, previamente taladrados con broca de 1" de diámetro. Antes de colocar los tableros, se cortarán de 20 a 22 mantas de crudo sintético (según el número de chutes), cada manta tendrá 6 m para doblar en cuatro y colocar a manera de empaquetadura en los pernos, luego se ensamblarán las tablas y se ajustarán las tuercas para que estos «Box-holes» queden herméticamente sellados y no deje escapar lama ni agua, todo el agua saldrá por la tubería. En caso de malograrse la tubería, el agua resumiría por las mantas de crudo de los «Box-holes».

Depósito de relave remanente

Se taponearán las galerías, chimeneas antiguas con tapones de concreto armado diseñados previamente para, desde los niveles 1000 al 1500 en la primera

etapa del proyecto, a fin de usar la misma bomba utilizada para bombear el relave al depósito de Chinchán y drenar el agua contaminada por gravedad, recirculando hacia la planta concentradora, por tubería a través de la galería principal del nivel 1700. Pero, en los diferentes niveles, desde el nivel 200 hasta el 3900 se tiene galerías transitables por debajo de tajeos terminados. En estos tajeos que quedaron parcial o totalmente vacíos, se puede rellenar utilizando un diseño simple, pero de operación más compleja.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En este trabajo se demuestra y explica las posibilidades espaciales en los tajeos del subsuelo de servir como depósitos de relaves y residuos sólidos, incrementándose esta posibilidad con el control de la dilución y la concentración de valores que la naturaleza nos pueda conceder.
- La factibilidad técnica se demuestra con los nuevos diseños de tajeos donde se propone extraer previamente los puentes y pilares para luego reemplazarlos con puentes y pilares artificiales de relleno en pasta, o de relleno hidráulico cementado o de concreto reforzado según las condiciones lo permitan; de esta manera la mina quedará previamente sostenida para extraer el contenido de mineral de estos tajeos. Al finalizar la extracción, estos quedarán como depósitos de relaves. Así mismo, se demuestra las posibilidades de decantar y filtrar el agua contaminada con el fin de recircular de retorno a la concentradora, evitando de esta manera, la cotaminación del río Rímac.
- La alta productividad y la preservación ambiental son concordantes y complementarios y menos costosos.
Así mismo se demuestra que una explotación limpia y eficiente es económica, coadyuvando la reducción del impacto ambiental negativo a niveles manejables, concordantes con el desarrollo sostenido.
- La inversión con la que se puede ejecutar estos diseños no supera los US\$ 6 108 9000, con esta inversión se lograría incrementar la utilidad neta en 59,57 % al sistema actual, con precios de los metales del año 2005.
- El valor presente neto es de 28 383 000 y la tasa interna de retorno de 465% que son exageradamente altas, pese al alto costo del dinero, que en nuestro medio fácilmente llega al 19,5% anual en dólares americanos. Los detalles se pueden dar a solicitud de los empresarios.

- La disposición de relaves mineros no es de ninguna manera un relleno hidráulico, tecnología importada de los países desarrollados a fines de la década de los sesenta e implantada por primera vez en la mina Huarón, luego en Cerro de Pasco y Casapalca. La tecnología de preparación para rellenar con R H es clásica y obsoleta, con altos costos de operación, en la que los ciclos de minado están amarrados a la preparación para el relleno y el relleno mismo. En cambio, para depositar el relave en el interior de la mina, se requerirá de un diseño especial y capacitación del personal; a cambio se lograría independizar los ciclos de minado de las etapas de preparación y relleno que sumados se emplea del 40% al 50% del tiempo de operación. De esta manera, se lograría incrementar la productividad y bajar los costos.

Así mismo, el R.H. tiene un alto costo de operación y mantenimiento. Los relativos incrementos de costo en depositar el relave en interior de mina, serían compensados al bajarse estos en mitigación ambiental, ventilación, sostenimiento, recuperación de puentes pilares de áreas inaccesibles y con la consecuente obtención de alta productividad.

Recomendaciones

- A los industriales en general, debo recordarles que cuidar el mundo no es sólo tarea de los ecologistas, ambientalistas, geógrafos, ingenieros, médicos, abogados, etc. Es de todos los habitantes del Perú y del mundo, desde el más humilde trabajador hasta los empresarios, políticos y militares más encumbrados y poderosos.
- A la empresa minera Los Quenuales Unidad Yauliyacu, propietaria de la mina Casapalca, debo hacerle llegar mi preocupación por el futuro de la mina. El relleno con pasta sementado es una solución parcial al problema y genera un costo elevado de bombeo, tanto en energía como en repuestos de los componentes de las bombas. No deben esperar que se colme el depósito de relaves de Chinchán. Este depósito debiera quedar como emergencia, debiéndose poner en práctica la propuesta de esta tesis, antes de que sea tarde.
- Los Ingenieros de Minas ostentan poderes de decisión en los asientos mineros para que sus subordinados efectúen planeamientos de minado integrales efectuando cálculos de ingeniería, en la que la preservación ambiental, la urgencia en la seguridad, ventilación, drenaje y alumbrado; tengan la misma importancia que la fragmentación del mineral, extracción, equipamiento y distri-

bución de fuerza laboral a fin de lograr la excelencia y la calidad total para beneplácito de los promotores e inversionistas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, Angus M. / Roy F. López, 1998. «Empleo de Relaves para Relleno con Pasta». Lima-Perú, *Minería*, Abril, N° 247, pp: 22-24.
2. Brand, A., (Naciones Unidas), 1974. «El Medio Ambiente y el Abastecimiento de Minerales». Lima-Perú, *Anales del Congreso Mundial de Minería*. V1, pp: 1-8.
3. Cascio Joseph, Woods Side Gayle y Mitchell Philip, 1997. *Guía ISO 14000 Las Nuevas Normas Internacionales para la Administración Ambiental*. México D.F. Mc Graw-Hill.
4. De la Torre Sobrevilla, Miguel, 1995. «Medidas Correctivas para Mejorar la Estabilidad de Depósitos de Relaves». Lima-Perú, *Minería* Febrero N° 245, pp: 33-36.
5. El Estado Peruano, 1990-1999. «Normas Legales». *El Peruano*, Periódico Oficial del Estado Peruano. Publicaciones y Ediciones Múltiples.
6. Lizarraga, Cornelio (Geólogo de División), 1996. *Inventarios Anual De Reservas, Mina Casapalca, Casapalca, Perú*, Centromín Perú S.A.
7. Solis Salazar, Pedro, 1999. *Empresa Minera Yauliyacu S.A. Presa de Relaves Chinchán Evaluación y Respuesta a la Estabilidad Física y Química e Implicancias Ambientales*. Lima, Perú, Tesis universitaria, Universidad Nacional de Ingeniería.